

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

DEVICE FOR PREPARING STEREOSCOPIC MODEL AND METHOD THEREFOR AND MEDIUM FOR
RECORDING PROGRAM FOR PREPARING STEREOSCOPIC MODEL

PUB. NO.: ~~10-124704~~ [JP 10124704 A]
PUBLISHED: May 15, 1998 (19980515)
INVENTOR(s): MATSUMOTO YUKINORI
TERASAKI HAJIME
SUGIMOTO KAZUhide
ARAKAWA TSUTOMU
APPLICANT(s): SANYO ELECTRIC CO LTD [000188] (A Japanese Company or
Corporation), JP (Japan)
APPL. NO.: 09-217550 [JP 97217550]
FILED: August 12, 1997 (19970812)
INTL CLASS: [6] G06T-017/00; G06T-007/00; G01B-011/24
JAPIO CLASS: 45.9 (INFORMATION PROCESSING -- Other); 36.1 (LABOR SAVING
DEVICES -- Industrial Robots); 46.1 (INSTRUMENTATION --
Measurement)
JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS)

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To prepare a highly precise stereoscopic model at a
high speed without necessitating any special photographic environment.

SOLUTION: The depression angle of a camera to a subjective object is
calculated in a step S1. Thus, a stereoscopic model can be prepared by
using an object image obtained by photographing the subjective object from
an oblique upper part. Only the background of the subjective object is
photographed in a step S2. Moreover, the subjective object is photographed
while rotated, and plural object images are obtained. A differential
processing is operated between the object image and the background image,
and a silhouette image is prepared in a step S3. A boating processing is
operated to a voxel space based on the plural silhouette images in a step
S4. A polygon is prepared based on the plural outlines of plural cut
surface obtained by cutting a stereoscopic shape obtained from the result
of the boating processing with plural planes in a step S5. Color
information(texture) is obtained from the object image, and mapped to the
polygon in a step S6.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-124704

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 6 T 17/00

G 0 6 F 15/62

3 5 0 A

7/00

G 0 1 B 11/24

K

// G 0 1 B 11/24

G 0 6 F 15/62

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数48 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-217550

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月12日

(31) 優先権主張番号 特願平8-248946

(32) 優先日 平8(1996) 8月30日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 松本 幸則

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 寺崎 肇

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 杉本 和英

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

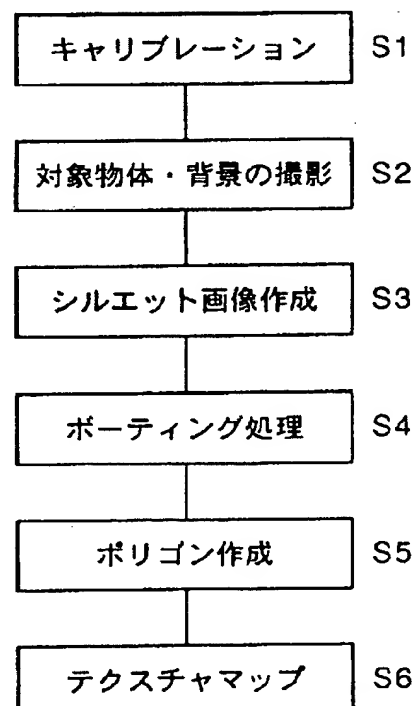
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 立体モデル作成装置、立体モデル作成方法および立体モデル作成プログラムを記録した媒体

(57) 【要約】

【課題】 特殊な撮影環境を不要とし、高速に、精度のよい立体モデルを作成することである。

【解決手段】 ステップS1では、対象物体に対するカメラの俯角を求める。これにより、対象物体を斜め上から撮影した物体画像を用いて立体モデルを作成できる。ステップS2では、対象物体の背景だけを撮影する。さらに、対象物体を回転させて撮影し、複数の物体画像を得る。ステップS3では、物体画像と背景画像との間で差分処理を行ない、シルエット画像を作成する。ステップS4では、複数のシルエット画像をもとに、ボクセル空間へポーティング処理を行なう。ステップS5では、ポーティング処理の結果から得られた立体形状を、複数の平面で切断して得られた複数の切断面の複数の輪郭線をもとにポリゴンを作成する。ステップS6では、物体画像から色彩情報（テクスチャ）を獲得し、ポリゴンにマップする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成装置であって、

俯角をもって、前記対象物体を撮影する撮影手段と、前記撮影手段により、前記対象物体を撮影して得られた物体画像および前記俯角を用いて、前記対象物体の立体モデルを作成する手段とを備える、立体モデル作成装置。

【請求項 2】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成装置であって、

前記対象物体の背景を撮影し、かつ、前記背景を含めて前記対象物体を撮影する撮影手段と、前記背景だけを撮影して得られた背景画像と、前記背景を含めて前記対象物体を撮影して得られた複数の物体画像との差分を求め、複数のシルエット画像を作成するシルエット作成手段と、前記複数のシルエット画像を用いて、前記対象物体の立体モデルを作成する手段とを備える、立体モデル作成装置。

【請求項 3】 前記対象物体を回転させるための回転手段をさらに備える、請求項 1 または請求項 2 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 4】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成装置であって、前記対象物体の複数のシルエット画像を作成するシルエット作成手段と、前記複数のシルエット画像をもとにボクセル空間における前記対象物体の存在領域を推定する推定手段と、前記推定手段によって得られた前記対象物体の存在領域を用いて、前記対象物体の立体モデルを作成する手段とを備える、立体モデル作成装置。

【請求項 5】 前記推定手段は前記ボクセル空間へボーティング処理を行なう、請求項 4 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 6】 前記ボーティング処理の結果、投票数が所定のしきい値以上の部分を、前記対象物体の前記存在領域とするしきい値処理手段をさらに備えた、請求項 5 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 7】 前記ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である、請求項 4 から請求項 6 のいずれかに記載の立体モデル作成装置。

【請求項 8】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成装置であって、前記対象物体の撮影結果をもとに、前記対象物体の立体形状を獲得する立体形状獲得手段と、前記立体形状から複数の輪郭線を獲得する輪郭線獲得手段と、前記複数の輪郭線を多角形近似する多角形近似手段と、前記多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続する接続手段と、

前記対象物体の前記立体モデルを構成する単位となる立体形状表現要素を用いて、前記対象物体の前記立体モデルを作成する手段とを備え、

前記多角形近似手段によって得られた前記頂点は、前記立体形状表現要素の頂点であり、前記接続手段によって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、立体モデル作成装置。

【請求項 9】 前記輪郭線獲得手段は、前記立体形状を複数の平面で切断することにより前記複数の輪郭線を獲得する切断手段を含む、請求項 8 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 10】 前記対象物体の前記立体形状は、ボクセル空間に形成される、請求項 8 または請求項 9 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 11】 前記ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である、請求項 10 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 12】 前記切断手段は、前記円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む前記複数の平面で、前記立体形状を、前記中心軸のまわりに所定の角度ごとに切断する、請求項 11 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 13】 前記対象物体を任意の角度ごとに回転させるための回転手段と、前記回転手段によって回転させられた前記対象物体を撮影する撮影手段とをさらに備え、前記立体形状獲得手段は、前記任意の角度ごとに回転させられた前記対象物体を撮影して得られた複数の物体画像をもとに前記立体形状を獲得し、前記切断手段は、前記円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む前記複数の平面で、前記立体形状を、前記任意の角度と同じ角度ごとに切断する、請求項 11 に記載の立体モデル作成装置。

【請求項 14】 前記複数の切断面のうち第 1 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点と、前記複数の切断面のうち第 2 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点との間で、頂点間の長さが最も短い頂点間を直線で接続する局所的最近接点接続手段をさらに備え、

前記局所的最近接点接続手段によって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、請求項 9 から請求項 13 のいずれかに記載の立体モデル作成装置。

【請求項 15】 前記複数の切断面のうち第 1 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点と、前記複数の切断面のうち第 2 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点とを、頂点間の長さの合計が最小になるように直線で接続する大域的最近接点接続手段をさらに備え、前記大域的最近接点接続手段によって得られた前記直線は、前記前記立体形状表現要素の辺である、請求項 9 から請求項 13 のいずれかに記載の立体モデル作成装置。

【請求項 16】 前記多角形近似手段は、前記多角形近似の精度を可変することにより、前記立体モデルを構成することになる前記立体形状表現要素の数を制御する、請求項 8 から請求項 15 のいずれかに記載の立体モデル作成装置。

【請求項 17】 撮影装置によって対象物体を撮影することにより、対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成方法であって、前記対象物体に対する前記撮影装置の俯角を求めるステップと、前記撮影装置により前記対象物体を撮影して得られた物体画像および前記俯角を用いて、前記対象物体の立体モデルを作成するステップとを含む、立体モデル作成方法。

【請求項 18】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成方法であって、撮影装置によって前記対象物体の背景だけを撮影し、背景画像を得るステップと、前記対象物体を前記撮影装置によって前記背景を含めて撮影し、複数の物体画像を得るステップと、前記背景画像と、前記複数の物体画像との差分を求め、複数のシルエット画像を作成するステップと、前記複数のシルエット画像を用いて、前記対象物体の立体モデルを作成するステップとを含む、立体モデル作成方法。

【請求項 19】 前記対象物体を回転させるステップをさらに含む、請求項 17 または請求項 18 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 20】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成方法であって、前記対象物体の複数のシルエット画像を作成するステップと、前記複数のシルエット画像をもとにボクセル空間における前記対象物体の存在領域を推定するステップと、前記推定された前記対象物体の存在領域を用いて、前記立体モデルを作成するステップとを含む、立体モデル作成方法。

【請求項 21】 前記推定するステップは、前記ボクセル空間へボーティング処理を行なう、請求項 20 に記載の立体モデル生成方法。

【請求項 22】 前記ボーティング処理の結果、投票数が所定のしきい値以上の部分を、前記対象物体の前記存在領域とするステップをさらに含む、請求項 21 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 23】 前記ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である、請求項 20 から請求項 22 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 24】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成方法であって、前記対象物体の撮影結果をもとに、前記対象物体の立体

形状を獲得する立体形状獲得ステップと、前記立体形状から複数の輪郭線を獲得する輪郭線獲得ステップと、前記複数の輪郭線を多角形近似する多角形近似ステップと、前記多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続する接続ステップと、前記立体モデルを構成する単位となる立体形状表現要素を用いて、前記立体モデルを作成するステップとを含み、前記多角形近似ステップによって得られた前記頂点は、前記立体形状表現要素の頂点であり、前記接続ステップによって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、立体モデル作成方法。

【請求項 25】 前記輪郭線獲得ステップは、前記立体形状を複数の平面で切断することにより前記複数の輪郭線を獲得する切断ステップを含む、請求項 24 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 26】 前記対象物体の前記立体形状は、ボクセル空間に形成される、請求項 24 または請求項 25 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 27】 前記ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である、請求項 26 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 28】 前記切断ステップは、前記円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む前記複数の平面で、前記立体形状を、前記中心軸のまわりに所定の角度ごとに切断する、請求項 27 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 29】 前記対象物体を任意の角度ごとに回転させるステップと、前記対象物体を前記任意の角度ごとに撮影し、複数の物体画像を得るステップをさらに含み、前記立体形状獲得ステップは、前記複数の物体画像をもとに前記立体形状を獲得し、前記切断ステップは、前記円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む前記複数の平面で、前記立体形状を、前記任意の角度と同じ角度ごとに切断する、請求項 27 に記載の立体モデル作成方法。

【請求項 30】 前記複数の切断面のうち第 1 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点と、前記複数の切断面のうちの第 2 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点との間で、頂点間の長さが最も短い頂点間を直線で接続する局所的最近接点接続ステップをさらに含み、前記局所的最近接点接続ステップによって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、請求項 25 から請求項 28 のいずれかに記載の立体モデル作成方法。

【請求項 31】 前記複数の切断面のうち第 1 の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前

記頂点と、前記複数の切断面のうち第2の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点とを、頂点間の長さの合計が最小になるように直線で接続する大域的最近接続ステップをさらに含み、前記大域的最近接続ステップによって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、請求項25から請求項28のいずれかに記載の立体モデル作成方法。

【請求項32】 前記多角形近似ステップでは、前記多角形近似の精度を可変することにより、前記立体モデルを構成することになる前記立体形状表現要素の数を制御する、請求項24から請求項31のいずれかに記載の立体モデル作成方法。

【請求項33】 コンピュータに対象物体の立体モデルを作成させるためのプログラムを記録した媒体であって、

前記プログラムは、

前記対象物体の複数のシルエット画像を作成するステップと、

前記複数のシルエット画像をもとにボクセル空間における前記対象物体の存在領域を推定するステップと、

前記複数のシルエット画像をもとにボクセル空間における前記対象物体の存在領域を推定するステップと、

前記推定された前記対象物体の存在領域を用いて、前記立体モデルを作成するステップとを含む、立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項34】 前記プログラム中の前記推定するステップは、前記ボクセル空間へポーティング処理を行なう、請求項33に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項35】 前記プログラムは、

前記ポーティング処理の結果、投票数が所定のしきい値以上の部分を、前記対象物体の前記存在領域とするステップをさらに含む、請求項34に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項36】 前記ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である、請求項33から請求項35のいずれかに記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項37】 コンピュータに対象物体の立体モデルを作成させるためのプログラムを記録した媒体であって、

前記プログラムは、

前記対象物体の撮影結果をもとに、前記対象物体の立体形状を獲得する立体形状獲得ステップと、

前記前記立体形状から複数の輪郭線を獲得する輪郭線獲得ステップと、

前記複数の輪郭線を多角形近似する多角形近似ステップと、

前記多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続する接続ステップと、

前記対象物体の前記立体モデルを構成する単位となる立

体形状表現要素を用いて、前記立体モデルを作成するステップとを含み、

前記多角形近似ステップによって得られた前記頂点は、前記立体形状表現要素の頂点であり、前記接続ステップによって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項38】 前記輪郭線獲得ステップは、前記立体形状を複数の平面で切断することにより前記複数の輪郭線を獲得する切断ステップを含む、請求項37に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項39】 前記対象物体の前記立体形状は、ボクセル空間に形成される、請求項37または請求項38に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項40】 前記ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である、請求項39に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項41】 前記切断ステップは、前記円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む前記複数の平面で、前記立体形状を、前記中心軸のまわりに所定の角度ごとに切断する、請求項40に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項42】 前記立体形状獲得ステップは、任意の角度ごとに回転する前記対象物体を、前記任意の角度ごとに撮影して得られた複数の物体画像をもとに前記立体形状を獲得し、

前記切断ステップは、前記円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む前記複数の平面で、前記立体形状を、前記任意の角度と同じ角度ごとに切断する、請求項40に記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項43】 前記プログラムは、

前記複数の切断面のうち第1の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点と、前記複数の切断面のうち第2の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点との間で、頂点間の長さが最も短い頂点間を直線で接続する局所的最近接続ステップをさらに含み、

前記局所的最近接続ステップによって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、請求項38から請求項42のいずれかに記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項44】 前記プログラムは、

前記複数の切断面のうち第1の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点と、前記複数の切断面のうち第2の切断面の輪郭線を前記多角形近似することによって得られた前記頂点とを、頂点間の長さの合計が最小になるように直線で接続する大域的最近接続ステップをさらに含み、

前記大域的最近接続ステップによって得られた前記直線は、前記立体形状表現要素の辺である、請求項38から請求項42のいずれかに記載の立体モデル作成プログラ

ムを記録した媒体。

【請求項45】 前記多角形近似ステップは、前記多角形近似の精度を可変することにより、前記立体モデルを構成することになる前記立体形状表現要素の数を制御する、請求項37から請求項44のいずれかに記載の立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【請求項46】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成装置であって、前記対象物体の複数の断面形状の輪郭線を多角形近似する多角形近似手段と、前記多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続した立体モデルを作成する手段とを備える、立体モデル作成装置。

【請求項47】 対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成方法であって、前記対象物体の複数の断面形状の輪郭線を多角形近似する多角形近似ステップと、前記多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続した立体モデルを作成するステップとを含む、立体モデル作成方法。

【請求項48】 コンピュータに対象物体の立体モデルを作成させるためのプログラムを記録した媒体であって、前記プログラムは、前記対象物体の複数の断面形状の輪郭線を多角形近似する多角形近似ステップと、前記多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続した立体モデルを作成するステップとを含む、立体モデル作成プログラムを記録した媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、対象物体の立体モデルを作成する立体モデル作成装置、立体モデル作成方法および立体モデル作成プログラムを記録した媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 第1の従来の技術としての立体モデル作成装置としては、3次元デジタイザを用いるものがある。3次元デジタイザは、複数の関節を持つアームおよびペンを備えている。そして、人が、このペンを対象物体に接触させ、対象物体上を動かしていく。このようにペンを動かすと、アームの関節の角度が変わっていく。このアームの関節の角度情報をもとに、対象物体の3次元形状を求める。

【0003】 第2の従来の技術としての立体モデル作成装置としては、レーザスキャナを用いるものがある。レーザスキャナは、レーザを対象物体に照射し、スキャンすることにより、対象物体の3次元形状を求めるものである。

【0004】 第3の従来の技術としての立体モデル作成

装置は、特公平7-109626号公報に開示されている。この立体モデル作成装置では、対象物体のシルエット画像を用いて、仮定存在領域を算出する。仮定存在領域とは、カメラの投影中心を頂点とし、対象物体のシルエットを断面形状とする錐体状の領域である。この錐体状の領域（仮定存在領域）をボクセルモデルで記述する。以上のような処理を複数のシルエット画像に対して行なう。そして、共通仮定存在領域を求め、対象物体の立体モデルを作成する。ここで、共通仮定存在領域とは、複数のシルエット画像に対する複数の仮定存在領域の論理積部分である。

【0005】 第4の従来の技術としての立体モデル作成装置は、特開平5-135155号公報に開示されている。この立体モデル作成装置では、回転台で回転する対象物体をカメラで撮影し、複数のシルエット画像を得る。この複数のシルエット画像をもとに、複数の水平面（回転軸に垂直な面）での対象物体の複数の形状を得る。そして、隣り合う水平面において、対象物体の形状の輪郭線上の点同士を三角パッチで結ぶ。ここで、1つの水平面での対象物体の形状の輪郭線上の点は、所定角度ごとに定められる。このようにして、対象物体の立体モデルを作成する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 第1の従来の技術では、人手で計測を行なうため、作業時間および労力が非常に大きくなるという問題点がある。

【0007】 第2の従来の技術では、光を吸収する材質からなる対象物体の立体モデルを得ることができないという問題点がある。さらに、装置が非常に複雑で高価になるという問題点がある。さらに、暗室で対象物体の計測を行なう必要があり、撮影環境が制限されるという問題点がある。さらに、色情報を取込みにくいという問題点がある。

【0008】 第3の従来の技術では、論理積により立体形状を得ているため、1つのシルエット画像が不正確であった場合、精度よく立体モデルを作成することができないという問題点がある。また、水平方向（回転軸に垂直な方向）からのみ、対象物体を撮影しているため、色情報が不足したり、局所的凹部を認識できない場合があるという問題点がある。

【0009】 第4の従来技術では、シルエット画像を作成するために、背景板を用いており、特殊な撮影環境が必要になるという問題点がある。さらに、複数の水平面での対象物体の形状を用いて立体モデルを作成しているためデータ量が多くなり、処理に時間がかかるという問題点がある。

【0010】 この発明は、以上のような問題点を解決するためになされたもので、人手による作業を少なくすることのできる立体モデル作成装置および立体モデル作成方法を提供することを目的とする。

【0011】この発明の他の目的は、撮影環境および対象物体の材質の制限が小さく、簡単な構成の立体モデル作成装置および立体モデル作成方法を提供することである。

【0012】この発明のさらに他の目的は、複数のシルエット画像のうちのいくつかが不正確であっても、精度よく立体モデルを作成できる立体モデル作成装置、立体モデル作成方法および立体モデル作成プログラムを記録した媒体を提供することである。

【0013】この発明のさらに他の目的は、十分な色情報を得ることができ、対象物体の局所的凹部をも認識できる立体モデル作成装置および立体モデル作成方法を提供することである。

【0014】この発明のさらに他の目的は、特殊な撮影環境が不要で、処理するデータ量が少なく高速に立体モデルを作成できる立体モデル作成装置、立体モデル作成方法および立体モデル作成プログラムを記録した媒体を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1の立体モデル作成装置は、対象物体の立体モデルを作成する。この立体モデル作成装置は、俯角をもって、対象物体を撮影する撮影手段と、撮影手段により対象物体を撮影して得られた物体画像および俯角を用いて、対象物体の立体モデルを作成する手段とを備える。

【0016】本発明の請求項2の立体モデル作成装置は、対象物体の立体モデルを作成する。この立体モデル作成装置は、対象物体の背景を撮影し、かつ、背景を含めて対象物体を撮影する撮影手段と、背景だけを撮影して得られた背景画像と、背景を含めて対象物体を撮影して得られた複数の物体画像との差分を求め、複数のシルエット画像を作成するシルエット作成手段と、複数のシルエット画像を用いて、対象物体の立体モデルを作成する手段とを備える。

【0017】本発明の請求項3の立体モデル作成装置は、請求項1または2に記載のものであって、対象物体を回転させるための回転手段をさらに備える。

【0018】本発明の請求項4の立体モデル作成装置は、対象物体の立体モデルを作成する。この立体モデル作成装置は、前記対象物体の複数のシルエット画像を作成するシルエット作成手段と、前記複数のシルエット画像をもとにボクセル空間における前記対象物体の存在領域を推定する推定手段と、前記推定手段によって得られた前記対象物体の存在領域を用いて、前記対象物体の立体モデルを作成する手段とを備える。

【0019】本発明の請求項5の立体モデル作成装置は、請求項4に記載のものであって、推定手段は前記ボクセル空間へボーテイング処理を行なう。

【0020】本発明の請求項6の立体モデル作成装置は、請求項5に記載のものであって、ボーテイング処理

の結果、投票数が所定のしきい値以上の部分を、対象物体の存在領域とするしきい値処理手段をさらに備える。

【0021】本発明の請求項7の立体モデル作成装置は、請求項4～6のいずれかに記載のものであって、ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である。

【0022】本発明の請求項8の立体モデル作成装置は、対象物体の立体モデルを作成する。この立体モデル作成装置は、対象物体の撮影結果をもとに、対象物体の立体形状を獲得する立体形状獲得手段と、立体形状から複数の輪郭線を獲得する輪郭線獲得手段と、複数の輪郭線を多角形近似する多角形近似手段と、多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続する接続手段と、対象物体の立体モデルを構成する単位となる立体形状表現要素を用いて立体モデルを作成する手段とを備える。多角形近似手段によって得られた頂点は、立体形状表現要素の頂点である。接続手段によって得られた直線は、立体形状表現要素の辺である。

【0023】本発明の請求項9の立体モデル作成装置は、請求項8に記載のものであって、輪郭線獲得手段は、立体形状を複数の平面で切断することにより複数の輪郭線を獲得する切断手段を含む。

【0024】本発明の請求項10の立体モデル作成装置は、請求項8または9に記載のものであって、対象物体の立体形状は、ボクセル空間に形成される。

【0025】本発明の請求項11の立体モデル作成装置は、請求項10に記載のものであって、ボクセル空間は、円筒座標系ボクセル空間である。

【0026】本発明の請求項12の立体モデル作成装置は、請求項11に記載のものであって、切断手段は、円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む複数の平面で、立体形状を、中心軸のまわりに所定の角度ごとに切断する。

【0027】本発明の請求項13の立体モデル作成装置は、請求項11に記載のものであって、対象物体を任意の角度ごとに回転させるための回転手段と、回転手段によって回転させられた対象物体を撮影する撮影手段とをさらに備える。立体形状獲得手段は、任意の角度ごとに回転させられた対象物体を撮影して得られた複数の物体画像をもとに立体形状を獲得する。切断手段は、円筒座標系ボクセル空間の中心軸を含む複数の平面で、立体形状を、任意の角度と同じ角度ごとに切断する。

【0028】本発明の請求項14の立体モデル作成装置は、請求項9～13のいずれかに記載のものであって、多角形近似手段は、多角形近似の精度を可変することにより、立体モデルを構成することになる立体形状表現要素の数を制御する。

【0029】本発明の請求項15の立体モデル作成装置は、請求項9～13のいずれかに記載のものであって、複数の切断面のうち第1の切断面の輪郭線を多角形近似することによって得られる頂点と、複数の切断面のうち

第2の切断面の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点との間で、頂点間の長さが最も短い頂点間を直線で接続する局所的最近接点接続手段をさらに備える。局所的最近接点接続手段によって得られた直線は、立体形状表現要素の辺である。

【0030】本発明の請求項16の立体モデル作成装置は、請求項8～15のいずれかに記載のものであって、複数の切断面のうち第1の切断面の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点と、複数の切断面のうち第2の切断面の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点とを、頂点間の長さの合計が最小になるように直線で接続する大域的最近接点接続手段をさらに備える。大域的最近接点接続手段によって得られた直線は、立体形状表現要素の辺である。

【0031】本発明の請求項46の立体モデル作成装置は、対象物体の立体モデルを作成する。この立体モデル作成装置は、対象物体の複数の断面形状の輪郭線を多角形近似する多角形近似手段と、この多角形近似によって得られた隣り合う頂点同士を直線で接続した立体モデルを作成する手段とを備える。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明による立体モデル作成装置、立体モデル作成方法および立体モデル作成プログラムを記録した媒体について図面を参照しながら説明する。

【0033】図1は、本発明の実施の形態による立体モデル作成装置の全体構成を示す概略図である。図1を参照して、実施の形態による立体モデル作成装置は、回転テーブル1、カメラ3およびコンピュータ5を備える。ここで、回転テーブル1の代わりに、ロボットアームなどを用いることができる。つまり、回転テーブル1の代わりとして、対象物体の向きを変えることができるものを用いることができる。

【0034】図2は本発明の実施の形態による立体モデル作成装置の概略を示すブロック図である。図2を参照して、立体モデル作成装置は、撮影部9、画像記憶部11、演算／制御部13、形状記憶部15および色彩情報記憶部17を備える。撮影部9は、図1の回転テーブル1およびカメラ3からなる。画像記憶部11、演算／制御部13、形状記憶部15および色彩情報記憶部17は、図1のコンピュータ5に含まれる。

【0035】図3は、図1の立体モデル作成装置における処理の流れを説明するための図である。図4は、図1の立体モデル作成装置における処理の具体的内容を説明するための図である。図4(a)は、図3のステップS2における対象物体・背景の撮影を説明するための図である。図4(b)は、図3のステップS3におけるシルエット画像作成を説明するための図である。図4(c)は、図3のステップS4におけるボーティング処理を説明するための図である。図4(d)は、図3のステップ

S5におけるポリゴン作成を説明するための図である。図4(e)は、図3のステップS6におけるテクスチャマップを説明するための図である。

【0036】図1、図2、図3および図4を参照して説明を行なう。ステップS1において、キャリブレーションを行なう。本実施の形態によるキャリブレーションとは、カメラ3の内部パラメータ（パースペクティブ比）およびカメラ3と回転テーブル1との位置関係を求める処理のことである。ステップS2では、対象物体および背景の撮影を行なう。つまり、回転テーブル1に対象物体を置かずに、背景だけを撮影し、背景画像を1枚得る。また、回転テーブル1に対象物体23を置き、対象物体23を回転させる。そして、カメラ3によって、所定の角度ごとに、対象物体23を背景とともに撮影し、物体画像A1～Anを得る。たとえば、対象物体23を10°ごとに回転させ、36枚の物体画像A1～A36を得る。以下の説明では、このようにして得られた36枚の物体画像A1～A36をもとに立体モデルを作成する場合を説明する。ここで、カメラ3の位置および俯角（または、仰角）は固定されている。また、カメラ3と回転テーブル1は、演算／制御部13によって制御される。なお、ステップS2で求めた背景画像および物体画像は、画像記憶部11に記憶される。本実施の形態では、カメラを固定し、対象物体側を回転させて撮影しているので、上記のように背景画像の撮影は、1回でよい。

【0037】本実施の形態では背景の撮影回数を可能な限り少なくするために、背景を1回だけ撮影し、1枚の背景画像を得ているが、背景を2回以上撮影し、2枚以上の背景画像を得てもよい。

【0038】なお、本実施の形態のように、カメラ3を固定し、対象物体23を回転させることによって、対象物体23の周りの複数方向から背景を含めて対象物体23を撮影する場合は背景の撮影は1回でもよいが、対象物体23を固定し、カメラ3を対象物体23を中心にして回すことによって、対象物体23の周りの複数方向から背景を含めて対象物体23を撮影する場合は背景の撮影は複数回必要である。

【0039】ステップS3では、図示しないシルエット作成部が、シルエット画像を作成する。つまり、各物体画像A1～A36と、背景画像との間で差分処理を行ない、複数のシルエット画像B1～Bnを作成する。物体画像A1～A36が36枚であるため、シルエット画像も36枚になる。ここで、差分処理（差分を求める処理）は、画素毎に、物体画像の色情報と、背景画像の色情報との差を求めることをいう。ステップS4では、図示しないボーティング部が、ボーティング処理を行なう。つまり、複数のシルエット画像B1～B36をもとに、円筒座標系ボクセル空間25へボーティング処理を行なう。そして、図示しないしきい値処理部（立体形状

獲得部)は、投票数がしきい値以上の部分を、対象物体23の立体形状(存在領域)とする。

【0040】なお、ボクセル空間としては直行座標系ボクセル空間を用いてもよいが、円筒座標系ボクセル空間を用いた方がメモリ量を小さく抑制しつつ良好な形状獲得が行なえる場合が多い。

【0041】ステップS5では、ステップS4で求めた対象物体23の立体形状をもとに、複数の立体形状表現要素(たとえば、三角パッチなどのポリゴン、以下、簡単のため立体形状表現要素をポリゴンと表記)27を作成し、ステップS4で求めた対象物体23の立体形状を複数のポリゴン27で表現する。ポリゴン27で表現された立体形状は、形状記憶部15に記憶される。ステップS6では、ステップS5で作成した、各ポリゴン27に対応したテクスチャを物体画像から獲得し、各ポリゴン27にマップする。また、テクスチャ(色情報)は、色彩情報記憶部17に記憶される。なお、ステップS3～S6の処理は、演算/制御部13が行ない、シルエット作成部、ボーティング部、しきい値処理部は、演算/制御部13に含まれる。以下、ステップS1におけるキャリブレーション、ステップS4におけるボーティング処理およびステップS5におけるポリゴン作成について詳細に説明する。

【0042】(キャリブレーション)キャリブレーションとして、カメラ3の内部パラメータ(パースペクティブ比)およびカメラ3と回転テーブル1の位置関係を求める。まず、カメラ3の内部パラメータ(パースペクティブ比)について説明する。図5は、カメラ3の内部パラメータ(パースペクティブ比)を説明するための図である。図5を参照して、基準ブロック31を、カメラ3によって撮影する。この場合に、基準ブロック31がスクリーン33にちょうど入るように撮影する。このときの、カメラ3と基準ブロック31との間の距離 L を計測する。さらに、基準ブロック31の高さ T を計測しておく。パースペクティブ比は、基準ブロック31の高さ T を、距離 L で割ったものである。つまり、パースペクティブ比は、 T/L で表わされる。

【0043】遠近法においては、画面に投影される物体サイズは、視点から物体までの距離に応じて拡大/縮小されるが、その拡大/縮小比率を決めるパラメータがパースペクティブ比である。

【0044】次に、カメラ3と回転テーブル1との位置関係の計測について説明する。図6は、カメラと回転テーブルとの位置関係の計測を説明するための図である。図6(a)は、回転テーブル1の座標系($x y z$ 座標系)に置かれたカメラ3を示す図である。図6(a)を参照して、回転テーブル1の座標系($x y z$ 座標系)を用いて、カメラ3の位置(x_0, y_0, z_0)を求める。さらに、カメラ3の光軸35の回りの回転角 α を求める。図6(b)は、図6(a)のカメラ3の $y z$ 平面

への正射影を示す図である。図6(b)を参照して、カメラ3の光軸35と、 y 軸がなす角 β を求める。図6(c)は、図6(a)のカメラ3の $x y$ 平面への正射影を示す図である。図6(c)を参照して、カメラ3の光軸35と y 軸がなす角 γ を求める。

【0045】つまり、カメラ3と回転テーブル1の位置関係として、回転テーブル1の座標系($x y z$ 座標系)を用いたカメラ3の位置および角度 α, β, γ を求める。なお、本実施の形態では、角度 α, γ は、ほぼ 0° にしている。ここで、角度 β は、回転テーブル1に対するカメラ3の俯角である。なお、角度 β を、回転テーブル1に置かれた対象物体に対するカメラ3の俯角と呼ぶこともある。ここで、俯角には、負の俯角、つまり、仰角を含む。

【0046】以上のように、本実施の形態では、キャリブレーションとして、対象物体に対するカメラの俯角を求めるため、この俯角をもって対象物体を撮影した物体画像をもとに立体モデルを作成することができる。つまり、対象物体を横方向($x y$ 平面に平行な方向)から撮影して得られた物体画像だけでなく、斜め上から対象物体を撮影して得られた物体画像をもとに立体モデルを作成できる。このため、横方向のみからの撮影では得られないような対象物体の上面部も含め、色情報を十分に得ることができる。さらに、対象物体の局所的凹部をも認識できるので、精度よく立体モデルを作成できる。

【0047】(ボーティング処理)図3のステップS4におけるボーティング処理の詳細を説明する。図7は、ボーティング処理を施す円筒座標系ボクセル空間を説明するための図である。なお、図4と同様の部分については、同一の参照符号を付している。図7を参照して、円筒座標系ボクセル空間25は、複数のボクセル39からなる。ここで、円筒座標系ボクセル空間25におけるボクセルを説明するための便宜のため、図7の円筒座標系ボクセル空間25を中心軸40を持つ円柱と考える。そして、この円柱25を、中心軸40に垂直な異なる複数の平面で切断する。さらに、中心軸40を含み、かつ、中心軸40に平行な複数の平面で円柱25を切断する。さらに、中心軸40を軸とする異なる複数の回転面で円柱25を切断する。以上のようにして、円柱25を切断することによって得られた円柱25の各要素を考える。この各要素が、円筒座標系ボクセル空間25における各ボクセル39に対応する。

【0048】図8は、ボーティング処理を説明するための図である。なお、図7と同様の部分については同一の参照符号を付しその説明を適宜省略する。図3のステップS3で得られた36枚のシルエット画像B1～B36をもとに、円筒座標系ボクセル空間25へボーティング処理を行なう。なお、図8では、2つのシルエット画像B1, B2だけを図示している。

【0049】ここで仮定存在領域50を考える。図9

は、仮定存在領域を説明するための図である。なお、図8と同様の部分については同一の参照符号を付しその説明を適宜省略する。また、図9では、1つのシルエット画像B1だけを図示している。図8および図9を参照して、シルエット画像B1に注目して、シルエット画像B1に対する仮定存在領域50とは、カメラの投影中心51を頂点とし、シルエット画像B1中の物体像42（対象物体23の輪郭）を断面形状とする錐体状の領域である。なお、他のシルエット画像B2～B36に対する仮定存在領域も同様に定義できる。対象物体23は、この仮定存在領域の内側に必ず存在していることになる。

【0050】図7も参照して、ポーティング処理では、仮定存在領域50に存在するボクセル39のすべてに「1」を投票する。このようなポーティング処理をすべてのシルエット画像B1～B36に対して行なう。たとえば、36枚のシルエット画像B1～B36に対応するすべての仮定存在領域が重なり合う部分に存在するボクセル39における投票数は「36」になる。

【0051】図3のステップ2では、 10° ごとに対象物体を撮影し36枚の物体画像を得て、ステップS3で36枚のシルエット画像B1～B36を作成している。このため、仮定存在領域の頂点（カメラの投影中心に相当）は、中心軸40のまわりに、 10° ごとに位置することになる。また、仮定存在領域の頂点（カメラの投影中心に相当）の位置は、図3のステップS1におけるキャリブレーションの結果に従って決定される。つまり、パースペクティブ比によって、シルエット画像B1～B36とそれに対応する仮定存在領域の頂点（カメラの投影中心に相当）との位置関係が決定される。すなわち、仮定存在領域である錐体の広がり角が決定される。また、カメラ3と回転テーブル1との位置関係によって、シルエット画像B1～B36に対応する仮定存在領域の頂点（カメラの投影中心に相当）と円筒座標系ボクセル空間25との位置関係が決定される。

【0052】図10は、ポーティング処理の結果を示す図である。なお、図8と同様の部分については同一の参照符号を付しその説明は適宜省略する。図10を参照して、色の濃い部分は投票数が多く、色の薄い部分は投票数が少ない。なお、図10のY軸は、図8の中心軸40に相当する。

【0053】すべてのシルエット画像B1～B36に対するポーティング処理が終了した後、しきい値処理を行なう。すなわち、所定のしきい値以上の投票数を有するボクセル39が存在する領域を対象物体23の存在領域とする。この存在領域の形状が対象物体23の立体形状である。たとえば、しきい値を「32」とすると、投票数が「32」以上のボクセル39が存在する領域の形状が対象物体23の立体形状となる。

【0054】以上のように、本実施の形態では、ポーティング処理によって、対象物体の立体形状を求めている。

このため、ポーティング処理で用いる複数のシルエット画像のうちのいくつかが不正確であっても、精度よく立体モデルを作成できる。なお、第3の従来技術では、複数の仮定存在領域の論理積により立体形状を得ている。このため、たとえば、シルエット画像中の物体像が不正確で、対象物体の輪郭を正確に表わしておらず、対象物体の形状の一部が欠けたようなものを表している場合は、その欠けた部分については、対象物体の立体形状として表現されないことになる。なお、ここではポーティング処理でボクセル空間における対象物体の存在領域を推定しているが、ボクセル空間における対象物体の存在確率を求めることができれば、ポーティング処理以外のいかなる処理で対象物体の存在領域を推定するようにしてもよい。

【0055】（ポリゴン作成）図11は、図3のステップS5におけるポリゴン作成の具体的内容を説明するための図である。なお、図8～図10と同様の部分については同一の参照符号を付しその説明は適宜省略する。図12は、図3のステップS5におけるポリゴン作成の流れを説明するための図である。図11（b）は、図11（a）の領域Aに存在する輪郭線43a、43bに基づき求められたポリゴンを示す図である。図11（a）および図12を参照して、ステップSA1では、図示しない切断部が、ポーティング処理の結果に基づいて求められた対象物体23の立体形状（図10参照）を複数の平面（図11では、3つの平面41a、41b、41cだけを図示）で切断し、各切断面（図11では、3つの切断面44a、44b、44cだけを図示）の輪郭線（図11では、3つの輪郭線43a、43b、43cだけを図示）を求める。ここで、図3のステップS2では 10° ごとに対象物体を撮影し物体画像を得て、ステップS3で 10° ごとのシルエット画像B1～B36を作成している。このため、対象物体23の立体形状を中心軸40のまわりに 10° ごとに複数の平面で切断する。つまり、隣り合う平面同士のなす角度 θ が 10° になるような複数の平面で対象物体23の立体形状を切断する。対象物体23の立体形状を切断する各平面は、中心軸40を含む平面である。

【0056】ステップSA2では、図示しない多角形近似部は、各切断面の各輪郭線を多角形近似し、その多角形の頂点座標を求める。ここで、多角形近似の方法としては、たとえば文献“An Iterative Procedure for the Polygonal Approximation of Plane Curves”、U.Ramer、CGIP、Vol. 1、pp. 244-256、1972に記載されている方法などを用いることができる。そして、図示しない接続部は、各切断面において、隣り合う頂点同士を直線で接続する。ステップSA3では、隣接する切断面間で、各切断面の輪郭線に対応する頂点同士を接続しポリゴンを生成する。なお、ステップSA2の多角形近似においては、その近似精度を可変することによ

り、最終的に生成されるポリゴン数を制御することも可能である。

【0057】図11(a)および図11(b)を参照して、領域Aに注目して、ステップSA2およびステップSA3における処理を説明する。ステップSA2では、輪郭線43a、43bを多角形近似し、その多角形の頂点45a、45bの座標を求める。そして、輪郭線43aを多角形近似することによって求めた複数の頂点45aについて、隣り合うもの同士を直線で接続する。輪郭線43bを多角形近似して求めた複数の頂点45bについても同様の処理を行なう。ここで、輪郭線43aに対応するのが頂点45aであり、輪郭線43bに対応するのが頂点45bである。ステップSA3では、切断面44aの輪郭線43aに対応する頂点45aと、切断面44bの輪郭線43bに対応する頂点45bとの間を直線で接続しポリゴン27を作成する。ここで、頂点45aと頂点45bとを直線で接続する方法として、局所的最近接点接続戦略および大域的最近接点接続戦略がある。

【0058】局所的最近接点接続戦略は、隣接する切断面の一方の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点と、隣接する切断面の他方の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点との間で、頂点間の長さが最も短い頂点間を直線で接続するものである。大域的最近接点接続戦略は、隣接する切断面の一方の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点と、隣接する切断面の他方の輪郭線を多角形近似することによって得られた頂点とを、頂点間の長さの合計が最小になるように直線で接続するものである。

【0059】局所的最近接点接続戦略について詳細に説明する。図13は、隣接する切断面の輪郭線に対応する頂点間の関係を示す図である。ここで、隣接する切断面として、切断面Scntおよび切断面Scnt+1を考える。図13を参照して、頂点a、b、c、d、e、fは、切断面Scntの輪郭線を多角形近似して得られたものである。頂点A、B、C、D、E、F、Gは、切断面Scnt+1の輪郭線を多角形近似して得られたものである。なお、円筒座標系ボクセル空間を利用したポリゴン生成を前提にしているため、頂点aと頂点Aは同一の点であり、頂点fと頂点Gは同一の点である。

【0060】図14は、局所的最近接点接続戦略を説明するための図である。図14を参照して、横方向は、切断面Scntの頂点a～fに対応付けられており、縦方向は、切断面Scnt+1の頂点A～Gに対応付けられている。そして、各格子点における数字(○の中に記載した数字)は、切断面Scntの輪郭線に対応する頂点a～f(図13)と、切断面Scnt+1の輪郭線に対応する頂点A～G(図13)との間の距離である。たとえば、dとDの交点(dおよびDで決定される格子点)には、図13の頂点dと頂点Dとの間の距離が記されている。すなわち、図13の頂点dと頂点Dとの間の距離

は、「2」である。

【0061】図13および図14を参照して、局所的最近接点接続戦略では、まず、初期ポリゴンを生成する。初期ポリゴン生成方法は以下の2つの方法が考えられる。初期ポリゴン生成のための第1の方法は、無条件に頂点bB間を直線で接続するものである。初期ポリゴン生成の第2の方法は、頂点bB間、頂点aC間、頂点Ac間のうち、距離が最小のものを選択し、その頂点間を直線で接続するものである。図13および図14の例では、初期ポリゴン生成の2つの方法のうちいずれの方法においても、頂点bB間が選択され、頂点bBが直線で接続される。

【0062】次に、頂点cB間または頂点bC間のいずれを接続するかを考える。頂点bC間の距離が、頂点cB間の距離より短いので、頂点bC間を直線で接続する。次に、頂点cC間または頂点bD間のいずれを接続するかを考える。頂点bD間の距離と頂点cC間の距離は等しいのでいずれを接続してもよいが、ここでは、頂点bD間を直線で接続する。次に、頂点cD間または頂点bE間のいずれを接続するかを考える。頂点cD間の距離が、頂点bE間の距離より短いので、頂点cD間を直線で接続する。以下、このような処理を繰返し、切断面Scntの輪郭線に対応する頂点と、切断面Scnt+1の輪郭線に対応する頂点とを直線で接続していく。つまり、図14の各格子点において、右に位置する格子点に対応する頂点間の距離と、下に位置する格子点に対応する頂点間の距離とを比較し、短い距離が記されている格子点に対応する頂点間を直線で接続する。図15は、局所的最近接点接続戦略によって、図13の頂点a～fと頂点A～Gとを接続して得られたポリゴンを示す図である。なお、図13と同様の部分については、同一の参照符号を付し、その説明を省略する。図15を参照して、局所的最近接点接続戦略に従って、頂点a～fと頂点A～Gとが接続され、ポリゴン(三角パッチ)27が形成される。

【0063】図16は、局所的最近接点接続戦略によるポリゴン生成の流れの一部を説明するための図である。図17は、局所的最近接点接続戦略によるポリゴン生成の流れの他の一部を説明するための図である。なお、ここでは、初期ポリゴン生成方法として、無条件に第1番目の頂点同士を接続する方法(初期ポリゴン生成の第1の方法)を用いた例を示している。図16を参照して、ステップSB1では、変数Smaxに、図12のステップSA1で得られた切断面の数を代入する。さらに、変数Scntに、「0」を代入する。ステップSB2では、変数Vmaxに、Scnt番目の切断面における頂点数を代入する。さらに、変数Vcntに「0」を代入する。ステップSB3では、Scnt番目の切断面におけるVcnt番目の頂点と、Scnt番目の切断面におけるVcnt+1番目の頂点とを接続する。ここで、た

例えば、図13に示すような頂点 $a \sim f$ 、 $A \sim G$ を考える場合、頂点 a 、 A は、第0番目の頂点であり、頂点 b 、 B は第1番目の頂点であり、頂点 c 、 C は第3番目の頂点である。ステップSB4では、変数 $Vcnt$ に、 $Vcnt+1$ を代入する。ステップSB5において、変数 $Vcnt$ が $Vmax-1$ 以上の場合には、ステップSB6に進む。一方、ステップSB5において、変数 $Vcnt$ が、 $Vmax-1$ より小さいときは、ステップSB3に進む。ステップSB6では、変数 $Scnt$ に、 $Scnt+1$ を代入する。ステップSB7において、変数 $Scnt$ が $Smax$ 以上のときは、図17のステップSB8へ進む。一方、ステップSB7において、変数 $Scnt$ が $Smax$ より小さいときは、ステップSB2に進む。

【0064】図17を参照して、ステップSB8では、変数 $Scnt$ に「0」を代入する。ステップSB9では、変数 $imax$ に、 $Scnt$ 番目の切断面における頂点数を代入する。さらに、変数 $jmax$ に、 $Scnt+1$ 番目の切断面における頂点数を代入する。ステップSB10では、初期ポリゴンを生成する。ここでは、無条件に第1番目の頂点同士を接続する方法（初期ポリゴン生成の第1の方法）を用いた例を示しており、 $Scnt$ 番目の切断面の1番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の1番目の頂点とを接続する。さらに、変数 i に「1」を代入し、変数 j に「1」を代入する。ステップSB11では、変数 i_n に $i+1$ を代入し、変数 j_n に $j+1$ を代入する。ステップSB12において、 $dist([Scnt:i], [Scnt+1:j_n])$ は、 $Scnt$ 番目の切断面の i 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の j_n 番目の頂点との間の距離を意味する。また、 $dist([Scnt:i_n], [Scnt+1:j])$ は、 $Scnt$ 番目の切断面の i_n 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の j 番目の頂点との間の距離を意味する。つまり、ステップSB12においては、 $Scnt$ 番目の切断面の i 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の j_n 番目の頂点との間の距離が、 $Scnt$ 番目の切断面の i_n 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の j 番目の頂点との間の距離以下の場合には、ステップSB13に進む。これ以外の場合には、ステップSB14に進む。

【0065】ステップSB13では、 $Scnt$ 番目の切断面の i 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の j_n 番目の頂点とを接続する。さらに、変数 j に j_n を代入する。ステップSB14では、 $Scnt$ 番目の切断面の i_n 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の j 番目の頂点とを接続する。さらに、変数 i に、 i_n を代入する。ステップSB15において、変数 i が $imax-1$ 以上の場合には、ステップSB17に進む。一方、変数 i が $imax-1$ より小さい場合には、ステップSB16に進む。ステップSB17では、 $Scnt$

番目の切断面の i 番目の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の $j \sim jmax-1$ 番目の各頂点とを接続する。ステップSB16において、変数 j が $jmax-1$ 以上の場合には、ステップSB18に進む。一方、変数 j が $jmax-1$ より小さい場合には、ステップSB11に進む。ステップSB18では、 $Scnt+1$ 番目の切断面の j 番目の頂点と、 $Scnt$ 番目の切断面の $i \sim imax-1$ 番目の各頂点とを接続する。ステップSB19では、変数 $Scnt$ に $Scnt+1$ を代入する。ステップSB20において、変数 $Scnt$ が $Smax$ より小さい場合には、ステップSB9に進む。一方、変数 $Scnt$ が $Smax$ 以上の場合には、処理を終了する。なお、切断面は0番から $Smax-1$ 番まで存在するが、図17において $Scnt$ が $Smax-1$ の場合、 $Smax$ 番目の切断面の頂点を考慮しなければならない場合がある。この場合、 $Smax$ 番目の切断面は0番目の切断面と同一とみなすことにする。

【0066】大域的 shortest 接続戦略によるポリゴン生成について、図14を用いて詳細に説明する。格子点 aA （ a と A の交点）を始点とし、格子点 fG （ f と G の交点）を終点とするような経路を考える。そして、格子点を経由するたびに、経路した格子点に割当てられた距離の値がペナルティとして加わるとし、ペナルティが最小となるような経路を求める。つまり、格子点 aA から格子点 fG までの複数の経路のうち、最短となる経路を求める。このような最短となる経路は、総当り法、分枝限定法、Dijkstraアルゴリズム、 A^* アルゴリズムなどを用いて求める。図14において、太い実線で示された経路が最小ペナルティ経路（最短経路）となる。そして、最小ペナルティ経路（最短経路）上に存在する格子点に対応する頂点間（図13参照）を接続する。たとえば、最小ペナルティ経路（太い実線）は、格子点 bB 上を通っているので、図13の頂点 b と B とが接続される。図15は、図13の頂点 $a \sim f$ と頂点 $A \sim G$ とを、大域的 shortest 接続戦略によって、直線で接続して得られたポリゴンを示している。

【0067】図18は、大域的 shortest 接続戦略によるポリゴン生成の流れを説明するための図である。なお、図16および図17と同様のステップについては同一の参照符号を付しその説明は適宜省略する。図18を参照してステップSC9では、 $Scnt$ 番目の切断面の頂点と、 $Scnt+1$ 番目の切断面の頂点とを、接続距離が最短になるように接続する。ステップSC10では、変数 $Scnt$ に、 $Scnt+1$ を代入する。ステップSC11において、変数 $Scnt$ が $Smax$ より小さい場合には、ステップSC9に進む。一方、変数 $Scnt$ が $Smax$ 以上の場合には、処理を終了する。

【0068】以上のように、本実施の形態では、円筒座標系ボクセル空間を用いて対象物体の立体形状を求め、この立体形状を円筒座標系ボクセル空間の中心軸に沿っ

て、複数の平面で切断し、切断面の輪郭線をもとに立体モデルを作成する。このため、直交座標系ボクセル空間を用いて立体モデルを作成する場合に比べ、立体モデル作成のためのデータ量が少なく済み、高速処理が可能になる。また、多角形近似および局所的最近接点接続戦略または大域的最近接点接続戦略を用いて立体モデルを構成するポリゴンを作成する。このため、回転軸に垂直な複数の平面で、対象物体の立体形状を切断して立体モデルを作成する場合（第3の従来技術）に比べても、データ量が少なくなり、さらに高速処理が可能になる。つまり、実時間で立体モデルを作成できる。さらに、多角形近似および局所的最近接点接続戦略または大域的最近接点接続戦略を用いて立体モデルを構成するポリゴンを作成する。このため、データ量が少なくなり、さらに高速処理が可能になる。

【0069】本実施の形態では、これまでに述べてきた効果の他に、以下に示す効果をも奏する。すなわち、本実施の形態では、3次元デジタイザを用いて立体モデルを作成する場合に比べ、人手による作業を少なくすることができる。さらに、本実施の形態では、レーザを用いた計測を行っていない。このため、対象物体の材質の制限を受けず、暗室で計測が必要になるなどの撮影環境の制限が小さくなる。さらに、本実施の形態では、回転テーブル1、カメラ3およびコンピュータ5という簡単な構成で、立体モデルを作成できる。さらに、本実施の形態では、差分処理を行なうことによりシルエット画像を作成し、これを用いて立体モデルを作成する。このため、同一色の背景板などのような特殊な撮影環境が不要である。

【0070】以上、カメラ1台と回転テーブルを用い、10°おきに対象物体を撮影することで立体モデルを作成する例について説明したが、カメラの台数、撮影視点の移動手段、撮影角度の刻み幅はこれに限定されるものではない。複数台のカメラを用いて対象物体を撮影し、立体モデルを作成してもよい。これにより、さらに高精度な形状獲得が可能となる。また、撮影視点の移動手段として、人手制御の回転台や、ロボットアームを用いてもよい。さらに、撮影角度の刻み幅は、複雑な物体ではより細かくしてもよいし、方向によって撮影角度の刻み角度を可変にしてもよい。すなわち、複雑な外形を持っている方向に関してはより細かい刻み幅で回転させ、撮影してもよい。また、対象物体の撮影角度の刻み幅を変更した場合は、ボクセル空間を切断してポリゴン表現された立体モデルに再構成するための切断面の変更も行なう。撮影角度と切断面は、関連して設定する。このようにすれば、撮影して得られたシルエット画像からの輪郭情報が、精度よくポリゴンデータに反映される。

【0071】図19は、図1のコンピュータ5に対象物体の立体モデルを作成させるためのプログラムを記録したCD-ROM(compact disc read only memory)を

示す図である。なお、図1および図3と同様の部分については同一の参照符号を付しその説明を適宜省略する。図19を参照して、コンピュータ5は、CD-ROM47に記録されているプログラム49に従って、対象物体の立体モデルを作成する。CD-ROM47に記録されているプログラム49は、対象物体のシルエット画像を作成するステップS3と、ボーディング処理を行なうステップS4と、ポリゴン作成を行なうステップS5と、テクスチャマップを行なうステップS6とを含む。

【0072】本実施の形態では、断面の多角形近似の技術を、ボクセル表現された立体モデルからポリゴン表現された立体モデルに、再構成する場合に使用したが、本願は、これに限定されるわけではない、たとえば、メタボール表現された立体モデルを、ワイヤフレーム表現された立体モデルに、再構成する場合に使用してもよい。また、本実施の形態では、シルエット画像から、ボクセル空間でのボーディング処理を経てから、ポリゴンデータを作成した。しかし、シルエット画像から、多角形近似の技術を用いて、ポリゴンデータに変換するようにしてもよい。なお、この場合は、当然、シルエット画像は不正確であるので、手動操作による修正が必要となる。

【0073】

【発明の効果】この発明の第1の発明に係る立体モデル作成装置では、俯角をもって、対象物体を撮影した物体画像をもとに立体画像を作成する。このため、対象物体に対する色情報を増やすことができる。さらに、局所的凹部を持つ対象物体の立体モデルを精度よく作成できる。

【0074】この発明の第2の発明に係る立体モデル作成装置では、差分処理を行なうことによって得られたシルエット画像を用いて立体モデルを作成する。このため、同一色の背景板などのような特殊な撮影環境が不要である。

【0075】この発明の第3の発明に係る立体モデル作成装置では、複数のシルエット画像をもとにボクセル空間へボーディング処理を行なうことによって、立体モデルを作成する。このため、複数のシルエット画像のうちのいくつかが不正確であっても、精度よく立体モデルを作成できる。

【0076】この発明の第4の発明に係る立体モデル作成装置では、対象物体の立体形状を切断して得られた複数の切断面の輪郭線を多角形近似することによって、立体モデルを作成する。このため、立体モデル作成のためのデータ量を少なくすることができ、高速処理が可能になる。

【0077】この発明の第5の発明に係る立体モデル作成装置では、対象物体の複数の断面形状の輪郭線を多角形近似することによって、立体モデルを作成する。このため、立体モデル作成のためのデータ量を少なくすることができ、高速処理が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態による立体モデル作成装置の全体構成を示す概略図である。

【図 2】 本発明の実施の形態による立体モデル作成装置の概略を示すブロック図である。

【図 3】 本発明の実施の形態による立体モデル作成装置における処理の流れを説明するための図である。

【図 4】 本発明の実施の形態による立体モデル作成装置における処理の具体的内容を説明するための図である。

【図 5】 図 3 のステップ S 1 で求められるパースペクティブ比を説明するための図である。

【図 6】 図 3 のステップ S 1 で求められるカメラと回転テーブルの位置関係を説明するための図である。

【図 7】 図 3 のステップ S 4 で用いられる円筒座標系ボクセル空間のボクセルを説明するための図である。

【図 8】 図 3 のステップ S 4 におけるボーティング処理を説明するための図である。

【図 9】 図 8 の仮定存在領域 50 を説明するための図である。

【図 10】 図 3 のステップ S 4 におけるボーティング処理の結果を示す図である。

【図 11】 図 3 のステップ S 5 におけるポリゴン作成の具体的内容を説明するための図である。

【図 12】 図 3 のステップ S 5 におけるポリゴン作成の流れを説明するための図である。

【図 13】 図 12 のステップ S A 2 で求めた、隣接する切断面の輪郭線に対応する頂点間の関係を示す図である。

【図 14】 図 12 のステップ S A 3 における局所的最近接点接続戦略を説明するための図である。

【図 15】 図 12 のステップ S A 3 における局所的最近接点接続戦略によって得られたポリゴンを示す図である。

【図 16】 図 12 のステップ S A 3 における局所的最近接点接続戦略によるポリゴン生成の流れの一部を示す図である。

【図 17】 図 12 のステップ S A 3 における局所的最近接点接続戦略によるポリゴン生成の流れの他の一部を示す図である。

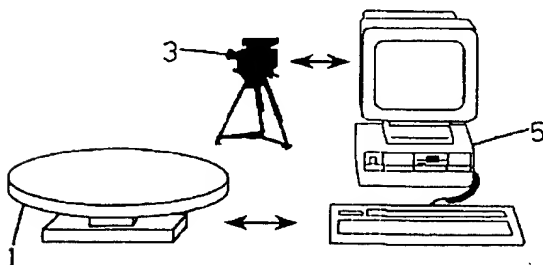
【図 18】 図 12 のステップ S A 3 における大域的最近接点接続戦略によるポリゴン生成の流れを説明するための図である。

【図 19】 図 1 のコンピュータに対象物体の立体モデルを作成させるためのプログラムを記録した CD-ROM を示す図である。

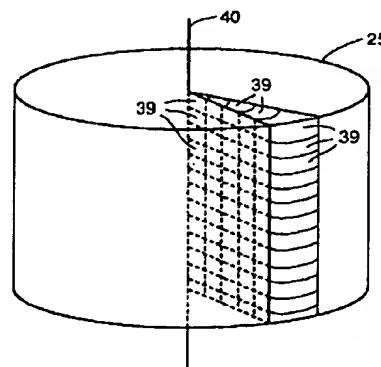
【符号の説明】

- 1 回転テーブル
- 3 カメラ
- 5 コンピュータ
- 9 撮影部
- 11 画像記憶部
- 13 演算／制御部
- 15 形状記憶部
- 17 色彩情報記憶部
- 23 対象物体
- 25 円筒座標系ボクセル空間
- 27 立体形状表現要素（ポリゴン）
- 29 立体モデル
- 31 基準ブロック
- 33 スクリーン
- 35 光軸
- 39 ボクセル
- 40 中心軸
- 41 a, 41 b, 41 c 平面
- 42 物体像
- 43 a, 43 b, 43 c 輪郭線
- 44 a, 44 b, 44 c 切断面
- 45 a, 45 b 頂点
- 47 CD-ROM
- 49 プログラム
- 50 仮定存在領域
- 51 カメラの投影中心（仮定存在領域の頂点）

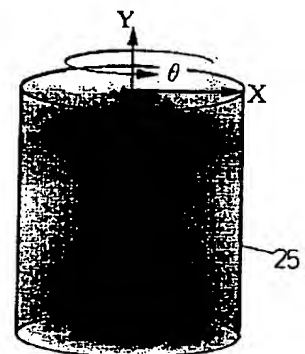
【図 1】



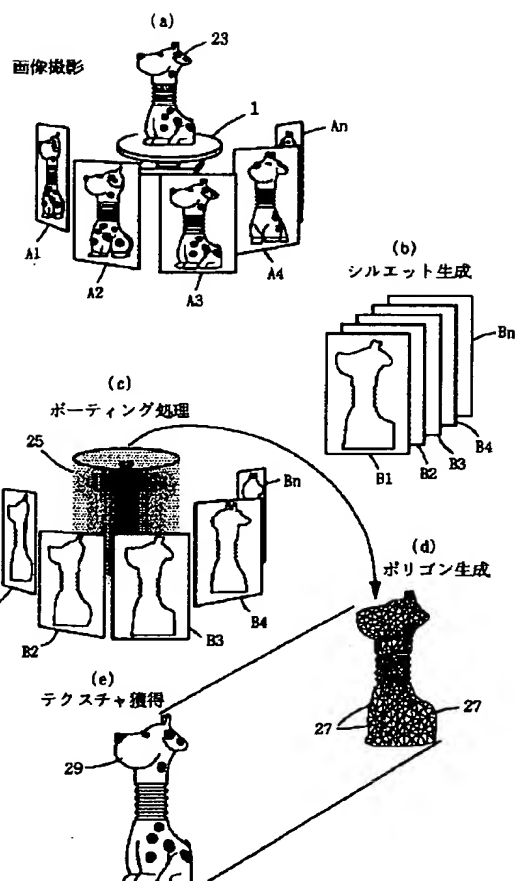
【図 7】



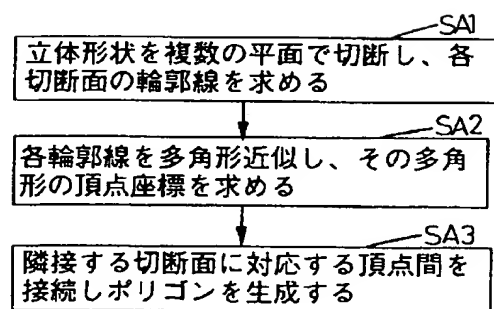
【図 10】



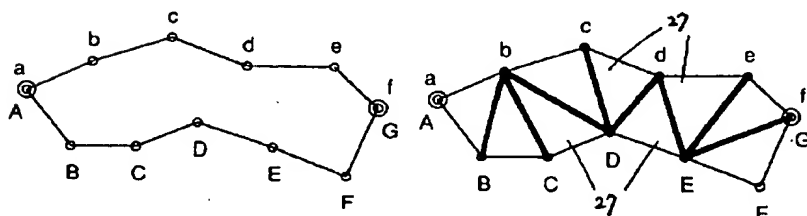
【図 4】



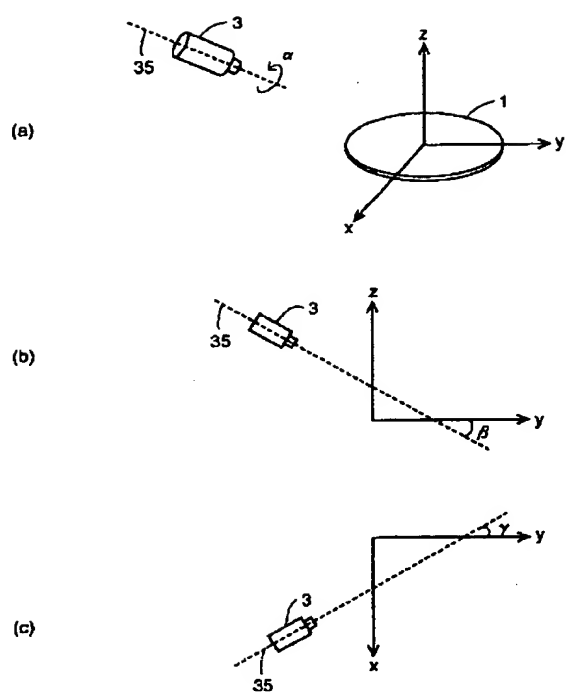
【图 12】



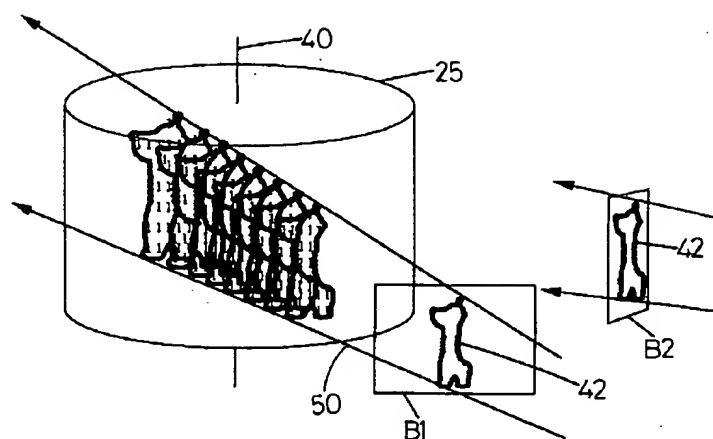
【图 15】



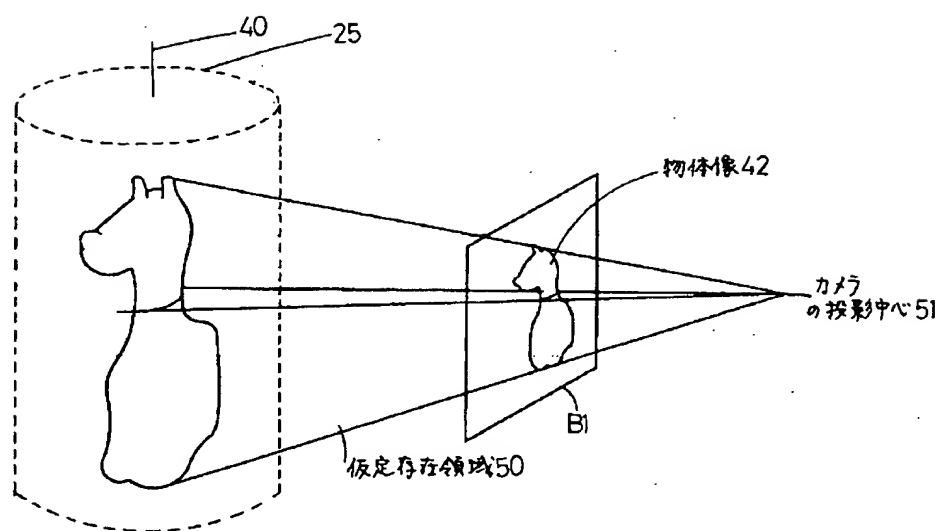
【図6】



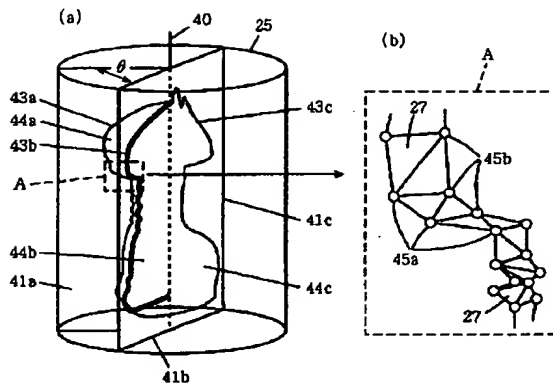
【図8】



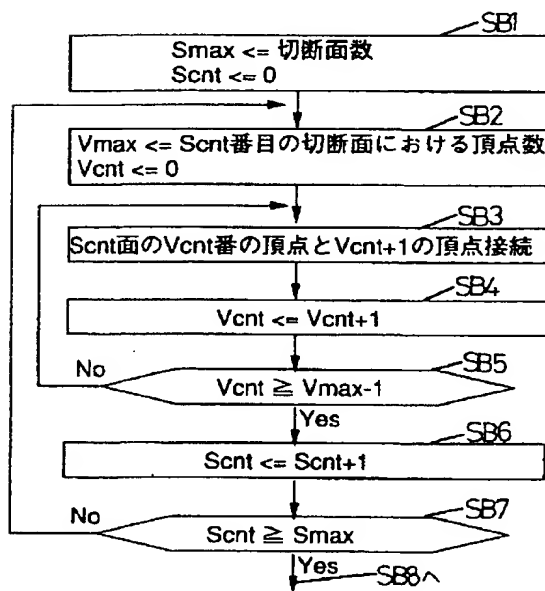
【図9】



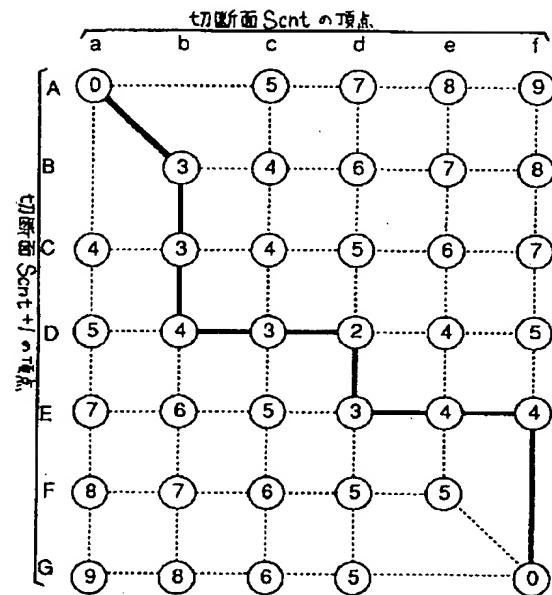
【図11】



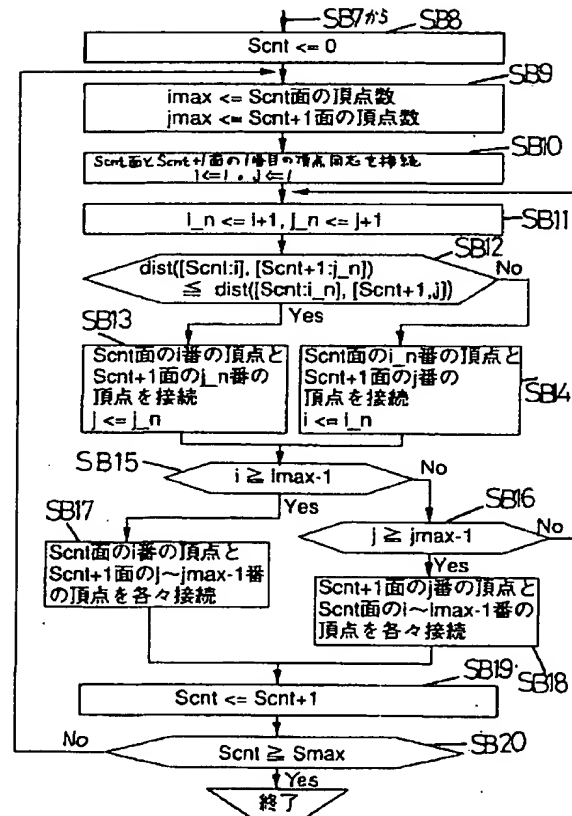
【図16】



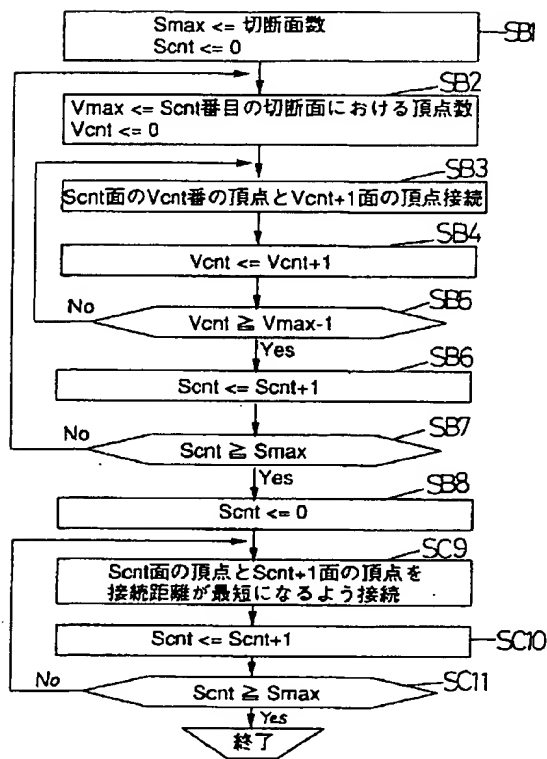
【図14】



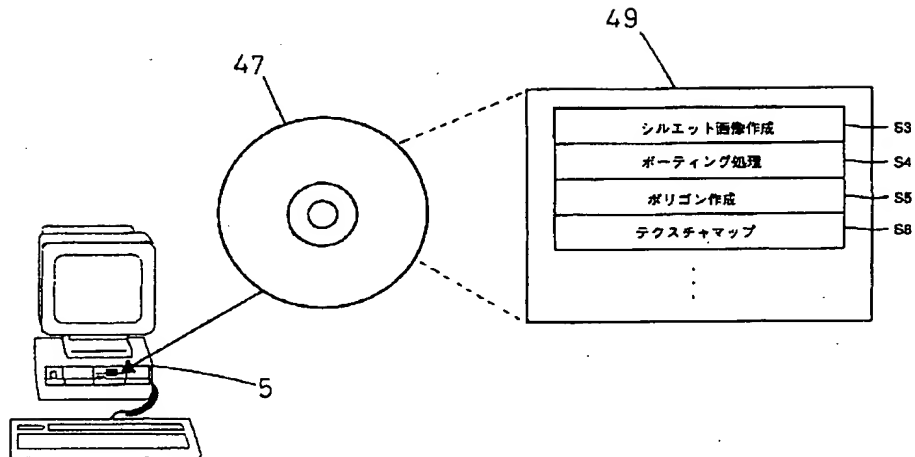
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 荒川 勉

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内